

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ ГЕТЕРОМОДУЛЬНЫХ КЕРАМИК

М.Е. БАШКЕЕВА¹, А. С. НАРУЦКАЯ¹, Ю.А. МИРОВОЙ^{1,2}, А.Г. БУРЛАЧЕНКО², Е.С. ДЕДОВА^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: bashkeeva.maria@yandex.ru

По мере развития техники возрастают требования к материалам. В настоящее время требуются материалы, выдерживающие экстремальные тепловые нагрузки и способные работать в окислительной среде при температурах более 2000 °С. Керамика на основе диборида циркония, входящая в группу высокотемпературных керамических материалов, представляет большой научный и практический интерес в данной области применения. Это обусловлено тем, что борид циркония обладает относительно высокой теплопроводностью и стойкостью к высокотемпературному окислению [1].

Целью данной работы являлось изучение влияния добавки ZrO_2 на структуру и самозалечивание дефектов в гетеромодульных керамиках.

Материалами для исследований служили керамические композиты ZrB_2 - ZrC - SiC с добавкой ZrO_2 от 0, 5, 10, 15 объёмн. %. Композиционные материалы были получены спеканием под давлением 30 МПа при температуре 1900 °С с изотермической выдержкой в течение 10 минут в среде аргона. Фазовый состав композитов анализировался по рентгеновским дифрактограммам, полученным при $CuK\alpha$ излучении.

Зависимость изменения относительной плотности от содержания диоксида циркония представлены на рисунке 1. Видно, что плотность увеличивалась по мере увеличения объемной доли диоксида циркония. Для керамики ZrB_2 - ZrC - SiC относительная плотность составила 0.93, а при содержании диоксида циркония 15 об. % плотность составила 0.95. Высокотемпературные керамики имеют довольно высокие температуры плавления, однако введение оксида циркония способствует образованию эвтектики, что приводит к уменьшению температуры плавления и, как следствие, увеличению плотности композитов [2].

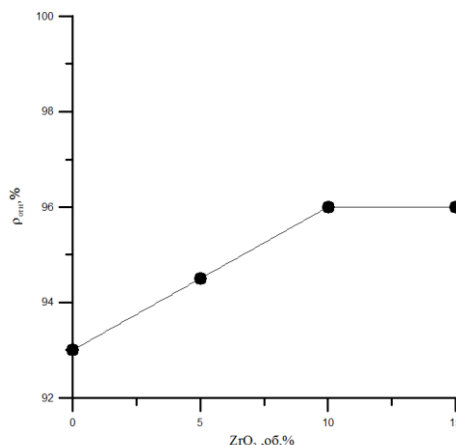
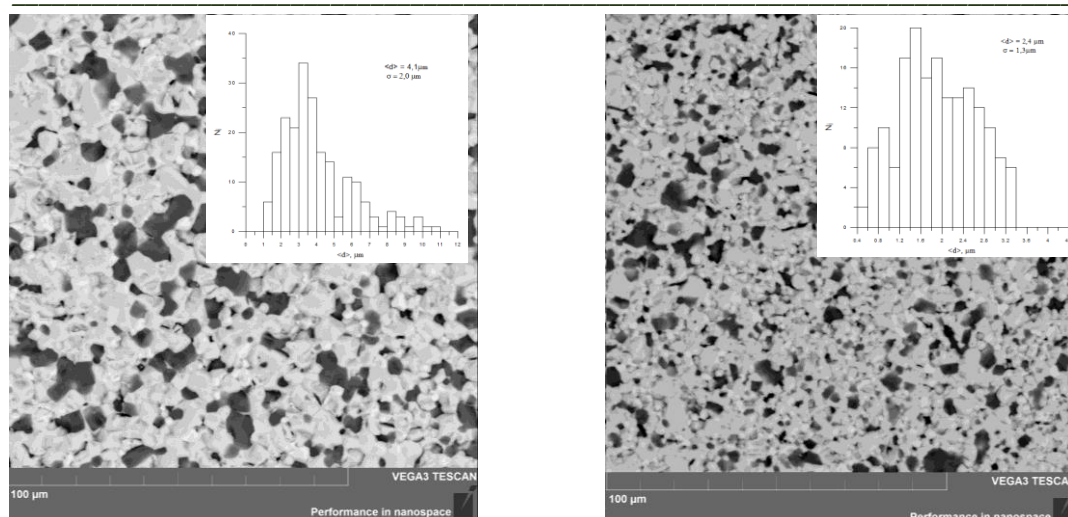


Рисунок 1 – График зависимости относительной плотности керамики ZrB_2 - ZrC - SiC от содержания ZrO_2

На рисунке 2 представлены изображения микроструктуры композитов ZrB_2 - ZrC - SiC , отличных содержанием диоксида циркония. По мере роста добавки диоксида циркония наблюдалось уменьшение среднего размера зерен композитов. Так, средний размер зерен в композите ZrB_2 - ZrC - SiC составил $4 \pm 0,14$ мкм, в композите, с добавкой 15 об. % диоксида циркония, $2,4 \pm 0,1$ мкм. Распределение частиц по размерам носило унимодальный характер для композитов всех составов.



а) $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiC}$

б) $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiC-15ob\%ZrO}_2$

Рисунок 2 – Изображение и распределение частиц по размерам композитов на основе $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiC}$

Рентгенофазовый анализ показал, что композиционные материалы $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiC}$ были представлены диборидом циркония в гексагональной фазе, карбидом циркония в кубической модификации и карбидом кремния в гексагональной сингонии. Полученные параметры элементарных ячеек компонентов хорошо согласуются с литературными данными. По мере введения диоксида циркония в состав исследуемых композитов, рефлексы тетрагонального диоксида циркония появлялись и их интенсивность росла.

Самозалечивание дефектов, сформированных на поверхности исследуемых композитов путем пропила с помощью лезвия и алмазных паст, изучалось после нагрева на воздухе до температур 1200, 1400 и 1600 °С. Самозалечивание дефектов обусловлено окислительными процессами вследствие химического взаимодействия компонентов керамики с кислородом. В этом случае на поверхности образуется оксидный слой, состоящий из продуктов окисления в виде диоксида циркония и боросиликатного стекла. Присутствие диоксида циркония в составе композитов $\text{ZrB}_2\text{-SiC-ZrC}$ активирует процесс окисления компонентов керамики из-за их дополнительного окисления проникающим кислородом.

Процент самозалечивания дефектов при температуре 1200 °С увеличивался с 50 до 80 % по мере роста добавки диоксида циркония. Увеличение температуры отжига до 1400 °С не привело к значительному увеличению процента самозалечивания композита $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiC}$. В композитах с добавкой 15 об % ZrO_2 процент самозалечивания дефектов составил 100 %. При отжиге керамических композитов до температуры 1600 °С произошло полное самозалечивание дефектов для всех составов композитов $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiC-ZrO}_2$.

Список литературы

1. Justin, J.F. Ultra high temperature ceramics: densification, properties and thermal stability/ J.F. Justin, A. Jankowiak // AerospaceLab Journal. – 2011. – Iss. 3., AL03-08. – P. 1-11.
2. Ryo I. et al. Oxidation of ZrB_2 and its composites: a review// J Mater Sci. 2018. 53. Pp. 14885–14906

Работа выполнена при поддержке проекта Российского научного фонда № 18-72-00057 (30.07.2018 г).